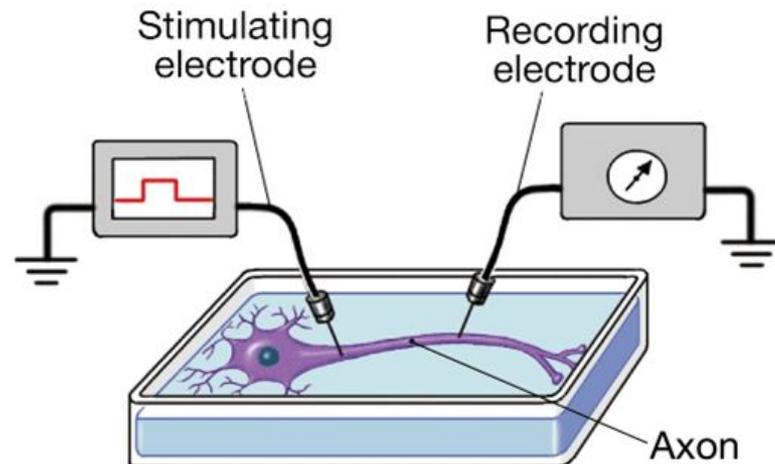
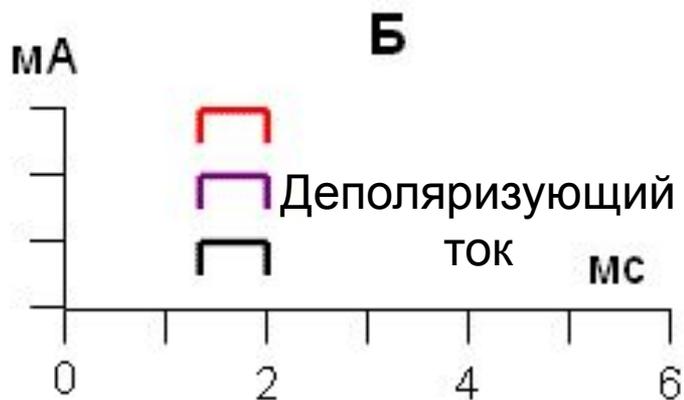
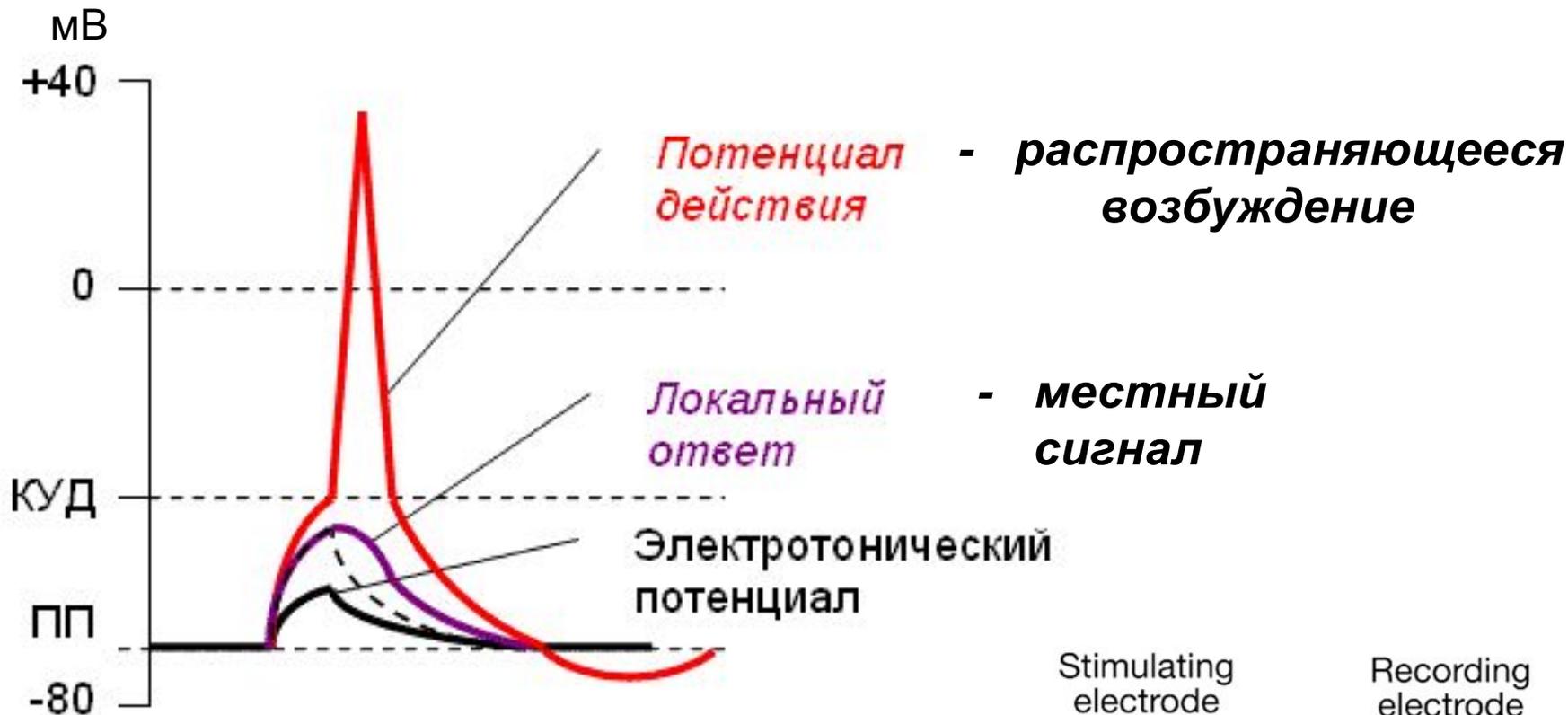


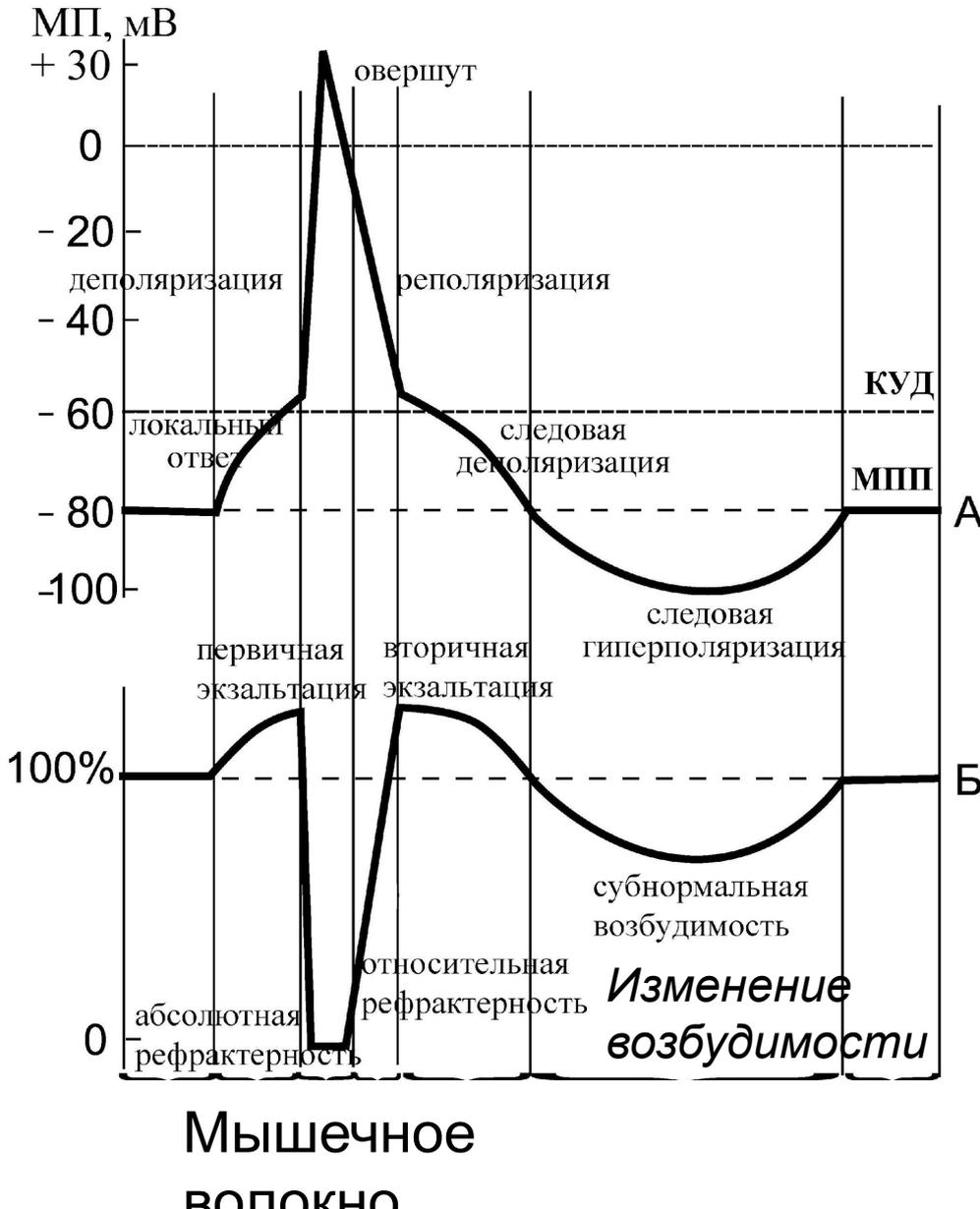
# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕРВОВ И МЫШЦ



# Возбуждение – деполяризация мембраны



# Возбудимость характеризует состояние возбудимой ткани



## Абсолютная рефрактерность

- Генерация ПД невозможна
- Вызвана открытым состоянием большинства  $Na$  каналов с их последующей инактивацией

## Относительная рефрактерность

- Генерация ПД возможна при увеличении интенсивности раздражителя
- Некоторая часть  $Na$  каналов все еще инактивирована, усиление тока  $K$

# Полярное действие постоянного тока

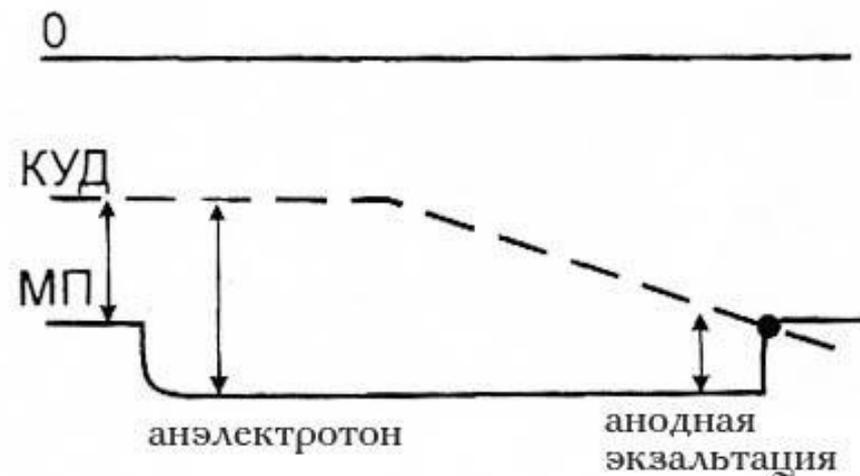


Линейный сдвиг МП –  
«физический электротон»

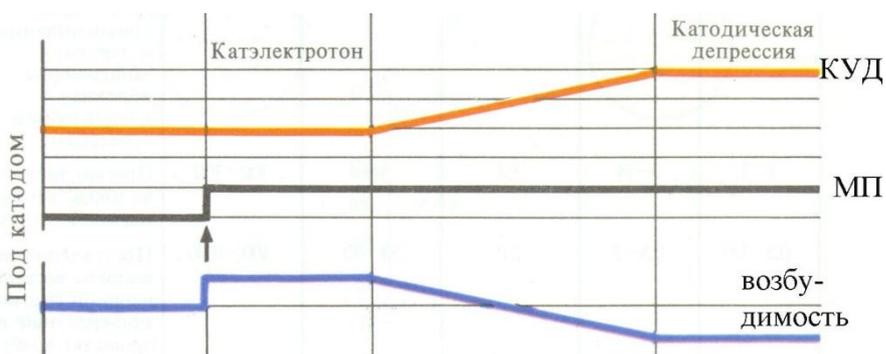
Сдвиг возбудимости –  
«физиологический электротон»

**Закон**

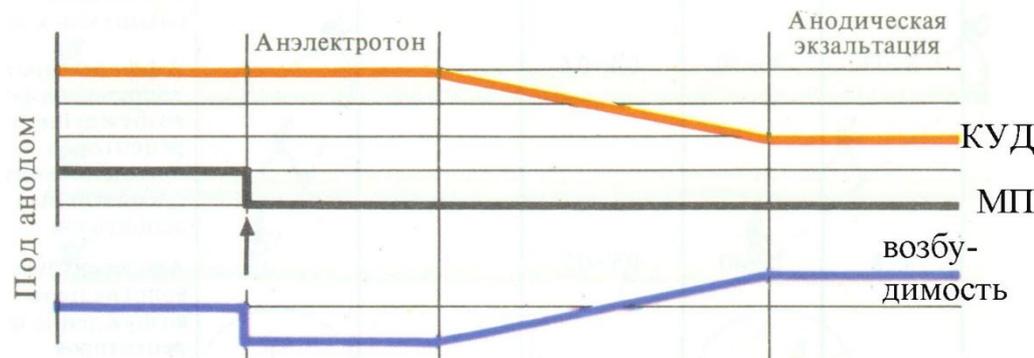
**электродиагностики:**  
 $KЗС > АЗС > АРС >$   
 $КРС$



# Закон физиологического электротона Э.Пфлюгера



**катэлектротон**



**анэлектротон**

Коробков А.В. Чеснокова С.А. Атлас по нормальной физиологии. 1986

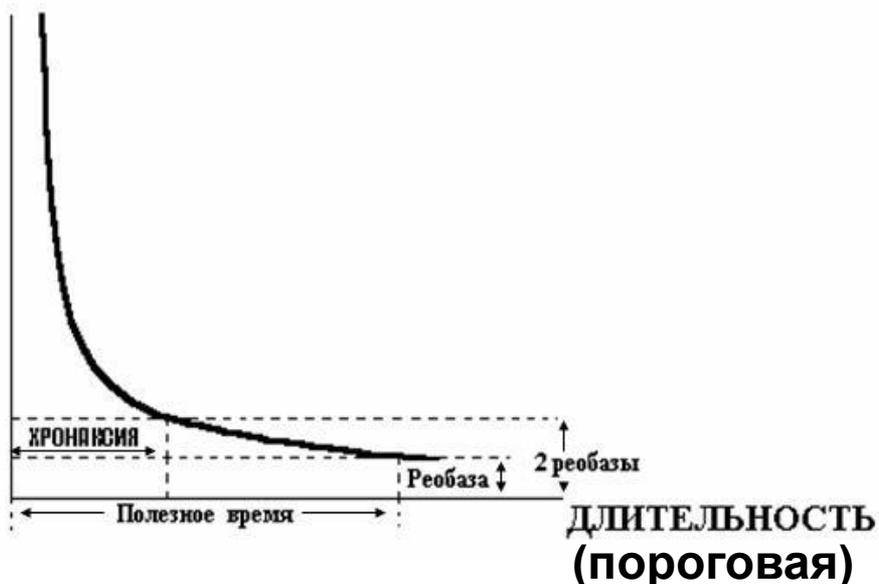
**Действие постоянного тока на ткань сопровождается изменениями ее возбудимости.**

**Начальное прохождение** постоянного тока через нерв или мышцу в участке ткани, расположенном под катодом, вызывает деполяризацию и повышает возбудимость (**катэлектротон**), а под анодом происходит гиперполяризация и возбудимость снижается (**анэлектротон**). Поэтому при замыкании цепи возбуждение возникает под катодом.

**При длительном действии тока:** под катодом происходит снижение возбудимости за счет инактивации Na-каналов – возникает **катодическая депрессия**. Под анодом в это время происходит устранение стационарной (постоянной) инактивации некоторых Na-каналов, КУД смещается вниз, возбудимость увеличивается (**анодная экзальтация**). При размыкании гиперполяризующий ток устраняется, мембранный потенциал возвращается к исходному уровню и достигает КУД – возникает возбуждение.

# Закон Силы-Длительности

СИЛА (пороговая)



*Пороговая сила стимула в определенных пределах обратно пропорциональна длительности действия раздражающего стимула.*

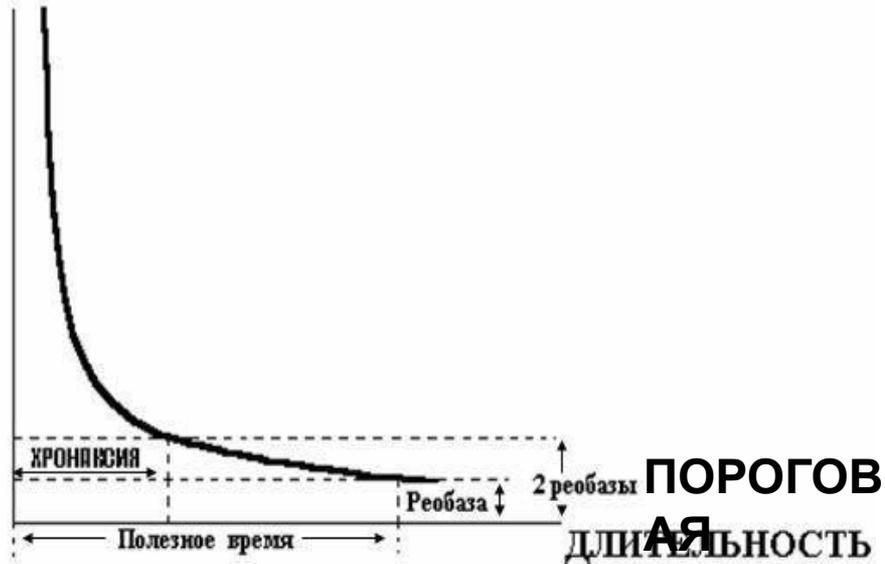
Руководство к практическим занятиям  
по нормальной физиологии/ ред. К.В.Судаков. 2002, с добавлениями

**Реобазы** – минимальная сила деполяризующего тока, способная вызвать возбуждение при его неограниченно долгом действии. На оси времени ей соответствует **полезное время**. Вследствие асимптотической формы зависимости значение полезного времени трудно определить четко. Поэтому для характеристики порогового времени используют **хронаксию** – время, в течение которого должен действовать ток силой в 2 реобазы, чтобы вызывать возбуждение.

# Хронаксиметрия

ПОРОГОВ

СИЛА  
АЯ



НОРМ

Ы

Нерв

Мышца

Реобазы,  
мА

3

4

Хронаксия,  
мс

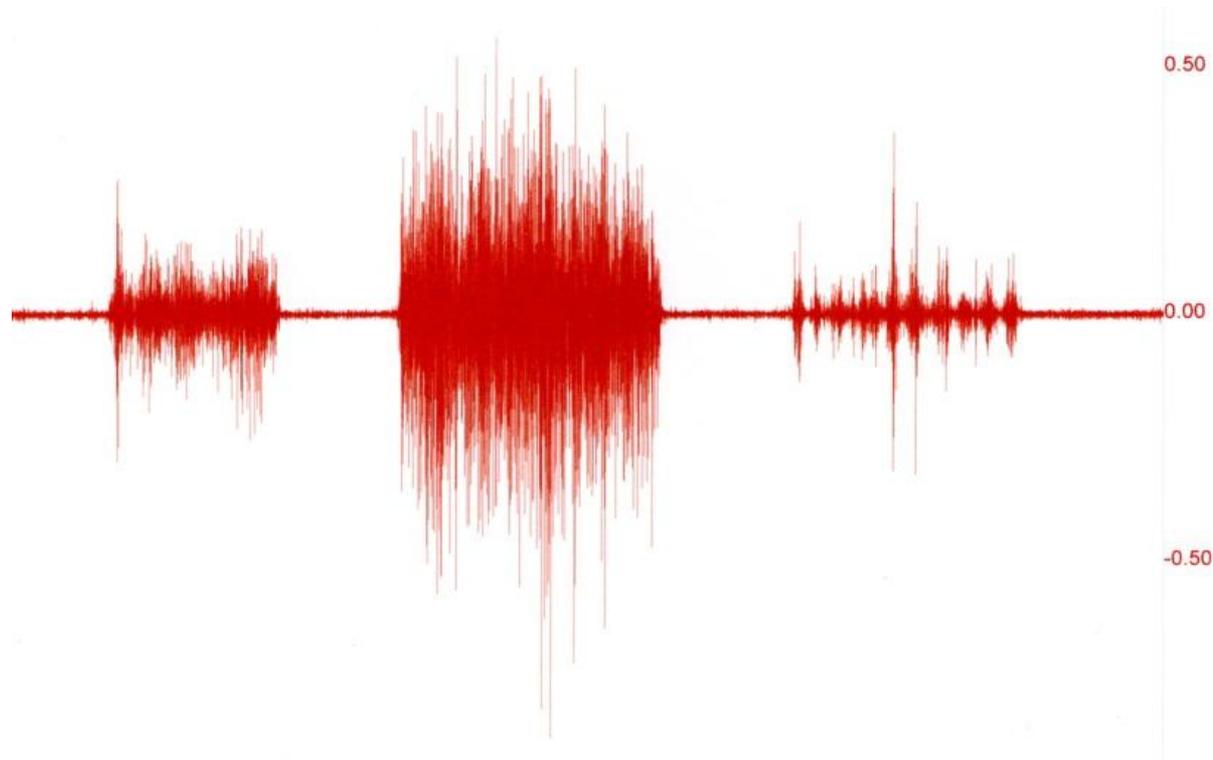
0,1 - 1

0,1 - 1

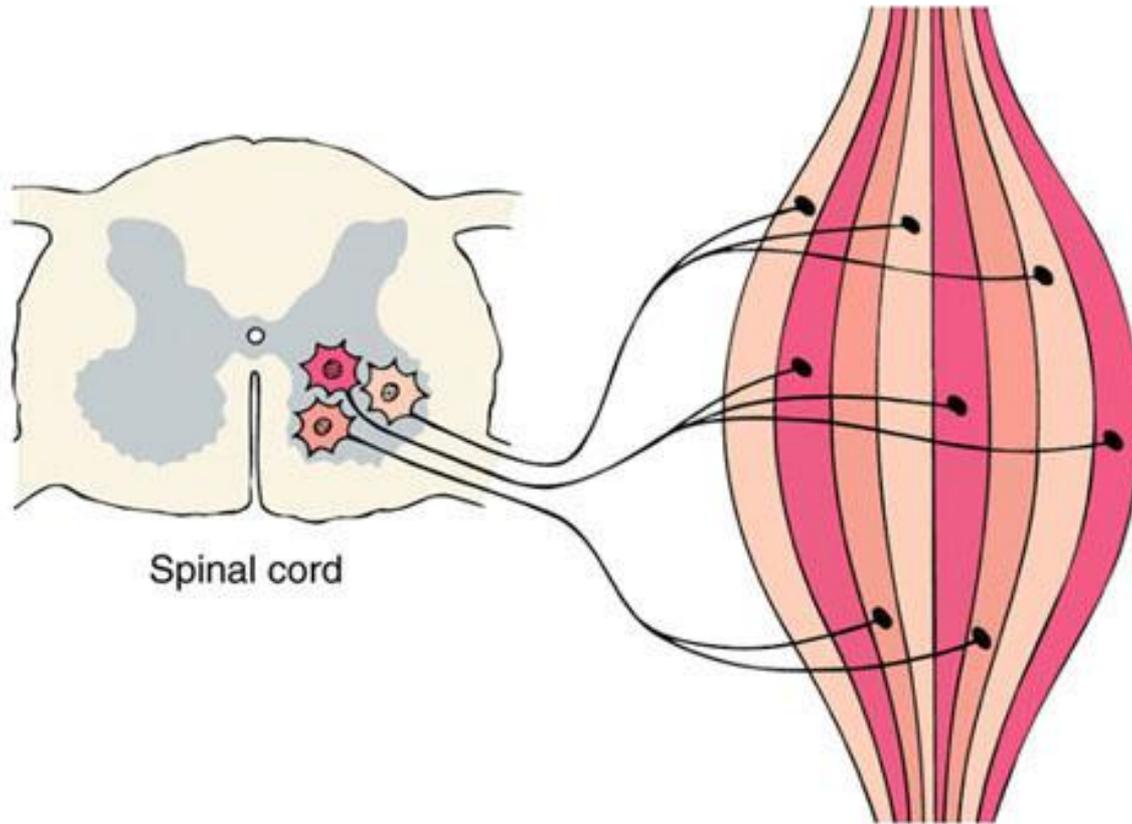
	Нерв	Мышца
Реобазы, мА	3	4
Хронаксия, мс	0,1 - 1	0,1 - 1

# ***ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЯ (ЭМГ) –***

**метод исследования биоэлектрических потенциалов, возникающих в скелетных мышцах при возбуждении мышечных волокон**



✓ **Двигательная единица (ДЕ)** – мотонейрон в совокупности с иннервируемыми им мышечными волокнами.



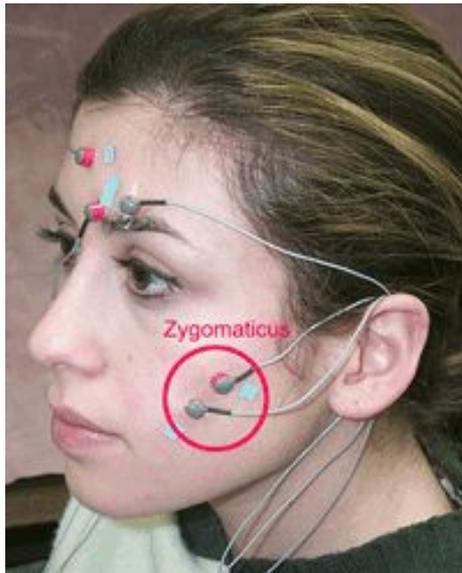
В состав одной ДЕ может входить от 5-10 мышечных волокон до нескольких сотен и тысяч:

- 7 - прямая мышца глаза;
- 560 - передняя большеберцовая мышца;
- 2037 – икроножная мышца.

# СПОСОБЫ РЕГИСТРАЦИИ ЭМГ

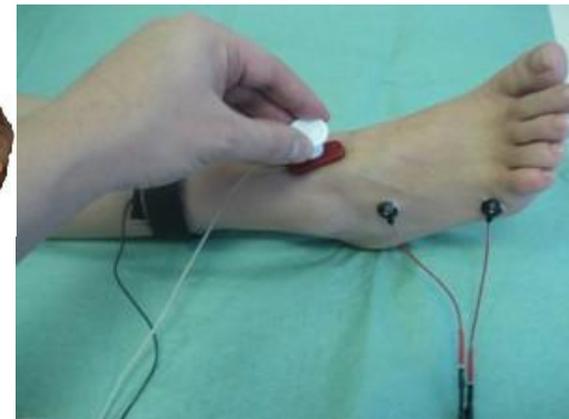
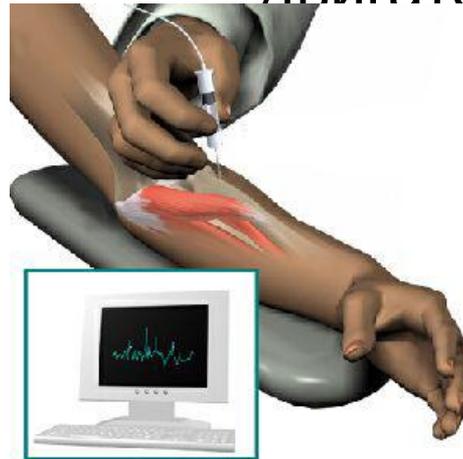
## 1. Поверхностная (накожные электроды):

регистрация суммированных колебаний потенциалов всех двигательных единиц, находящихся в области отведения

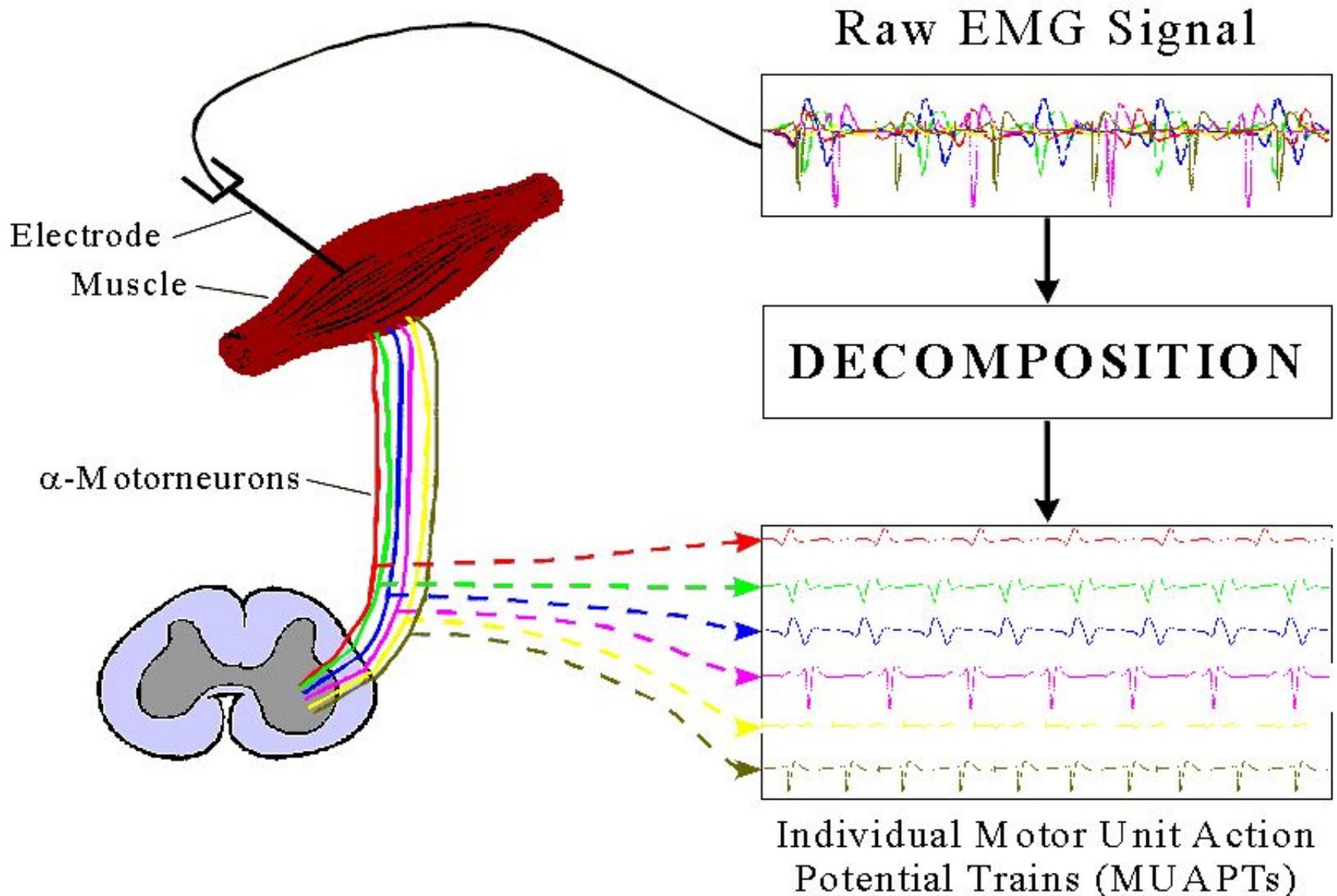


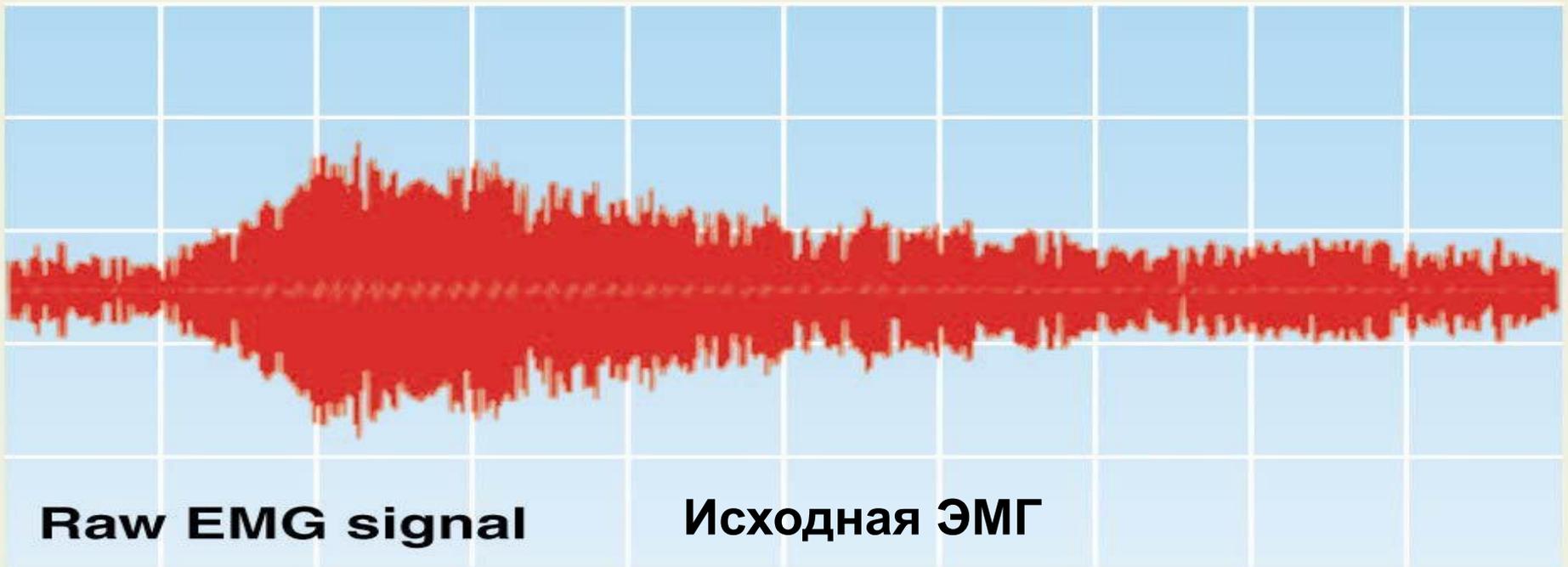
## 2. Игольчатые электроды:

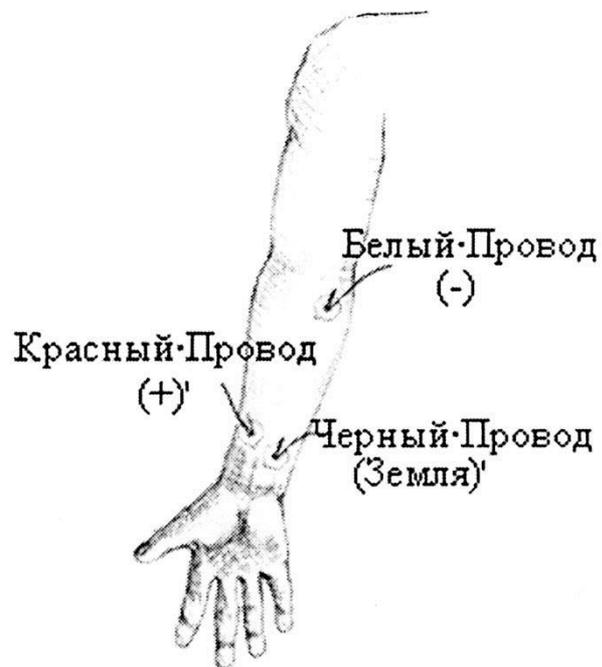
регистрация колебаний потенциалов в отдельных мышечных волокнах или двигательных единицах



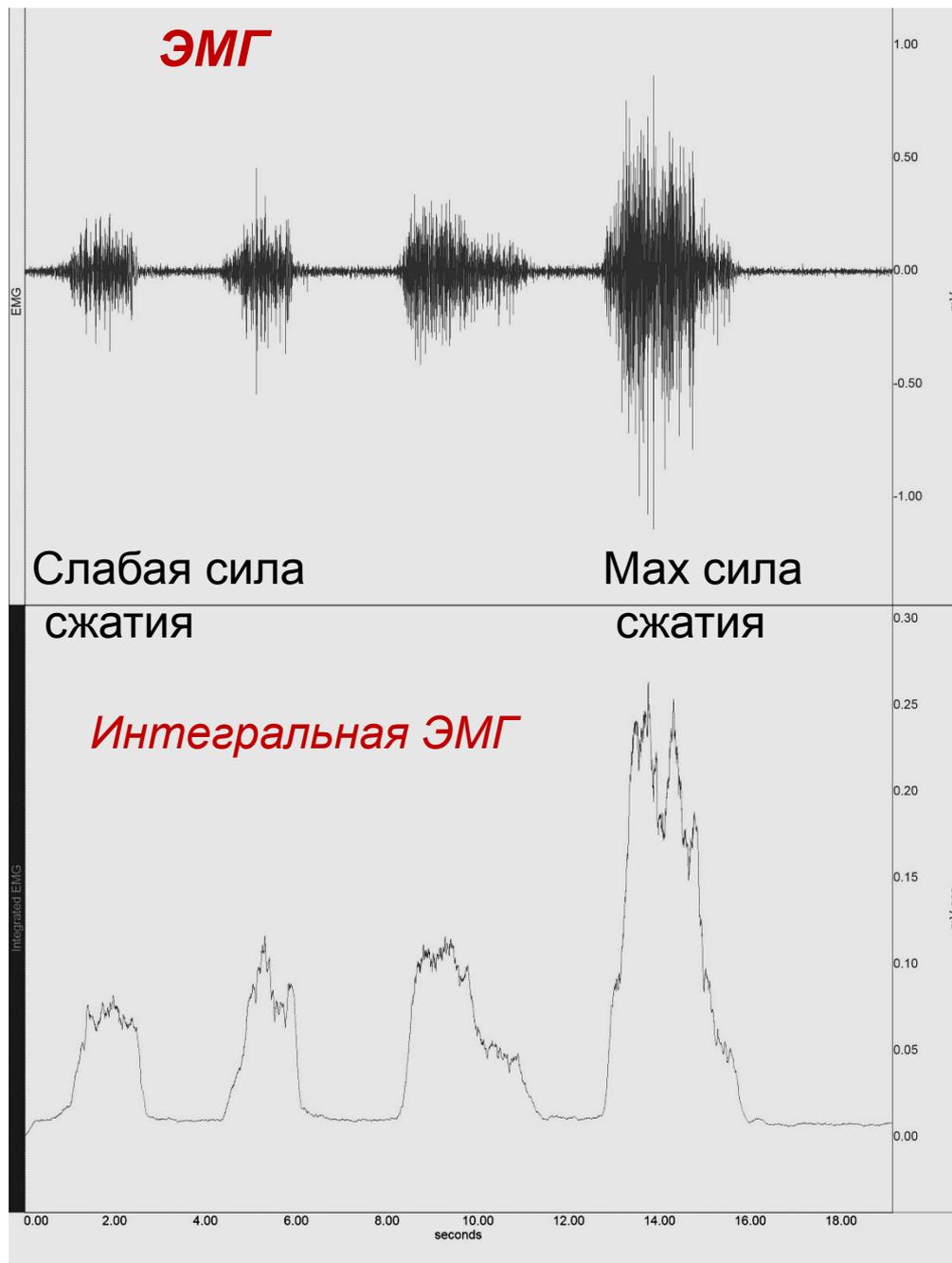
**Суммарная ЭМГ:** отражает возбуждение множества *ДЕ*.





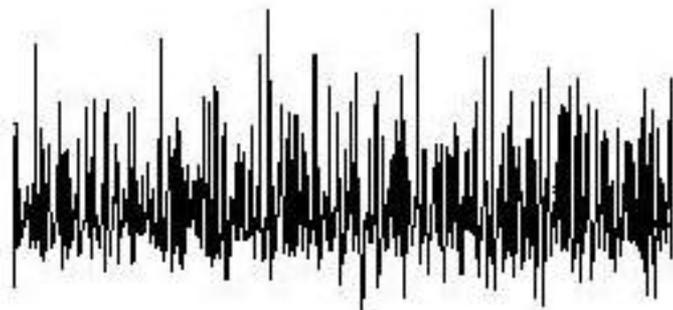


Инструкция  
—  
сжать кулак



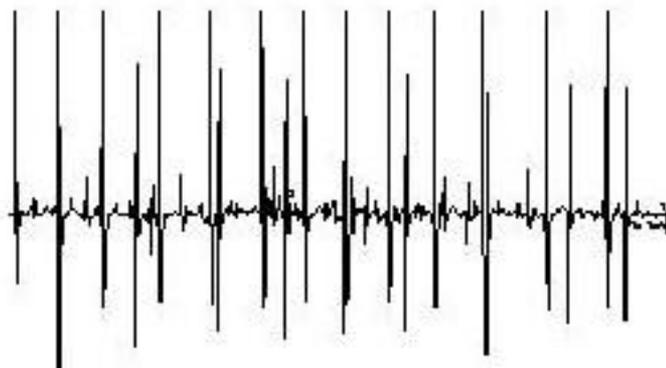
## Interference pattern

A.



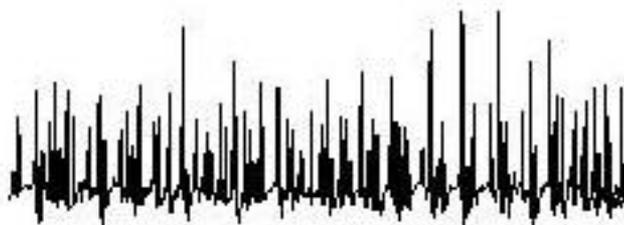
Normal trace

B.



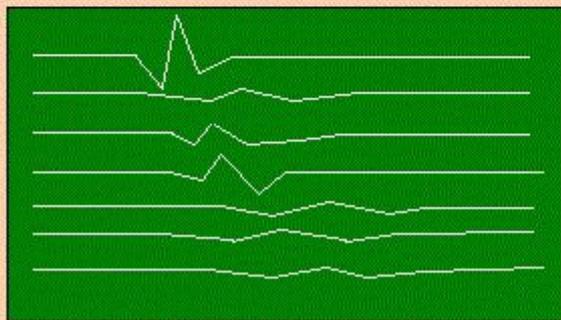
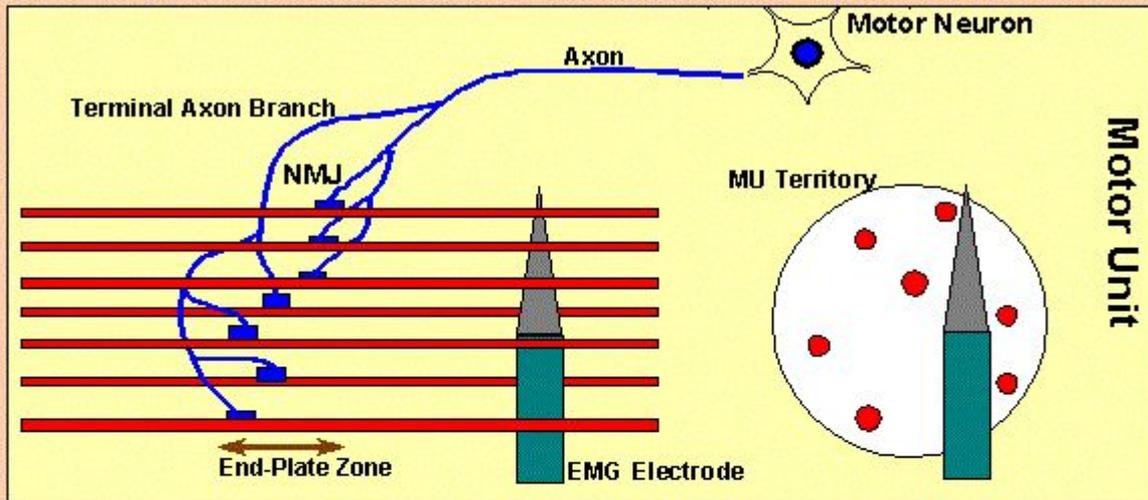
Neuropathic trace

C.

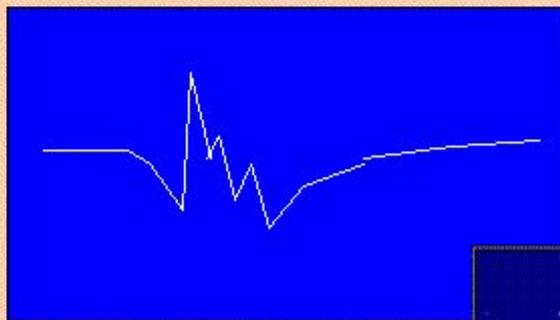


Myopathic trace

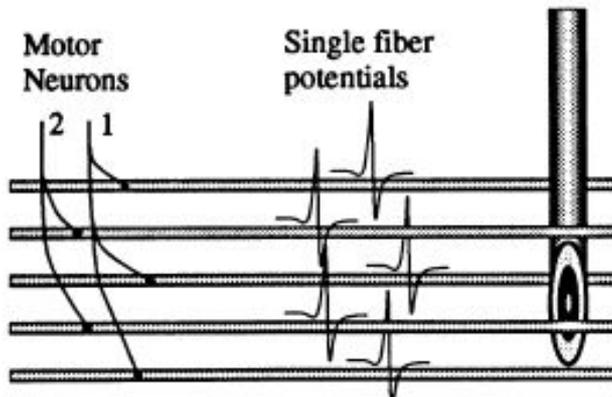
# Generation of a Motor Unit Potential



Muscle Fiber AP



MUP



## Игольчатая ЭМГ:

регистрация ПД отдельной двигательной единицы (ПДЕ).

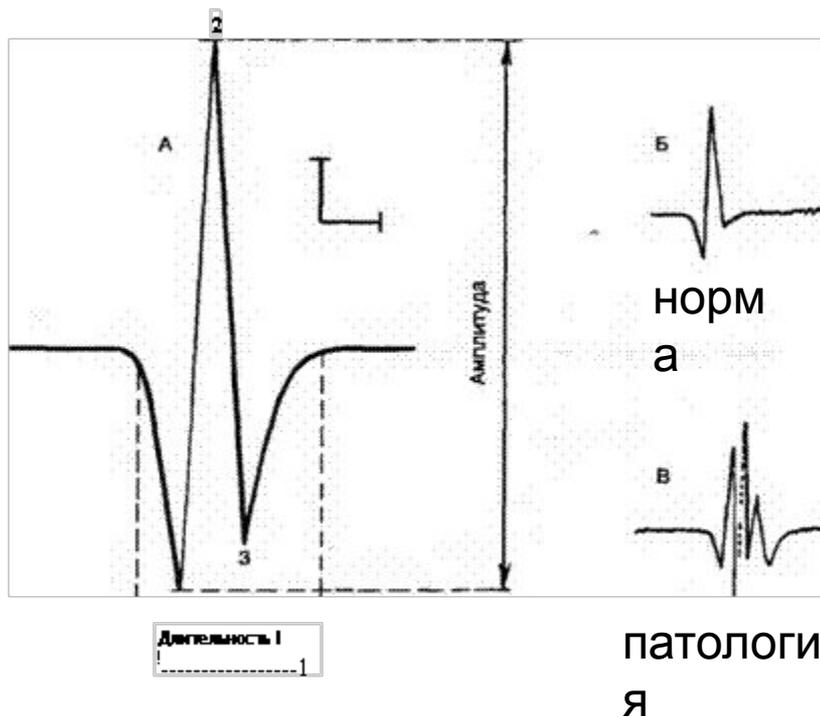
## ПДЕ –

пространственная и временная суммация ПД волокон одной ДЕ



## ***Показаниями для игольчатой ЭМГ являются:***

- 1) Первично-мышечные заболевания (полиомиозит, миопатии и др). **Только с помощью игольчатой ЭМГ можно ответить на вопрос, есть ли у больного первично-мышечное заболевание или нет.**
- 2) Заболевания мотонейронов - нейронопатии
- 3) Невральные поражения периферического нейромоторного аппарата (различные нейропатии, травмы периферических нервов и т.д.)
- 4) Синаптические заболевания (миастения и др.).



## Основные показатели ПДЕ:

- Амплитуда
- Длительность
- Форма

*От чего зависит амплитуда потенциала одной двигательной единицы (ПДЕ)?*

- 1) От количества работающих мышечных волокон в составе ДЕ
- 2) От синхронности вовлечения в работу рядом расположенных волокон и ДЕ
- 3) От возбудимости мышечных волокон

## Форма ПДЕ:

оценивается по количеству фаз: в норме 3 фазы.

( фаза – колебание, пересекающее изолинию)

- Если ПДЕ имеет 5 и более фаз, он расценивается как полифазный, что указывает на структурные изменения ДЕ в мышце.
- В норме 5% полифазных ПДЕ (не более 10%)

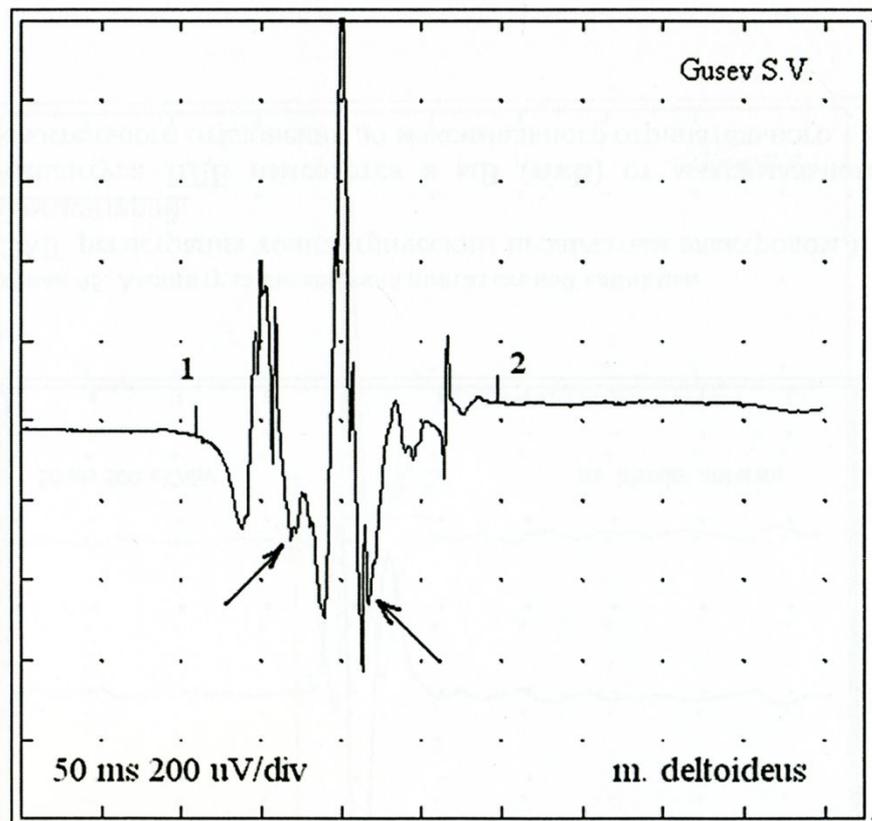
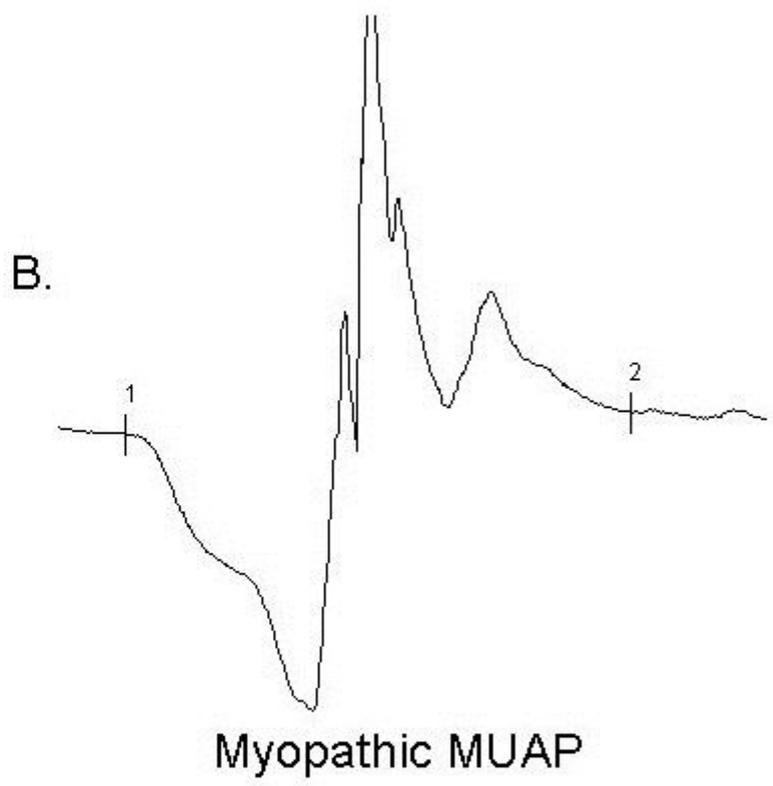
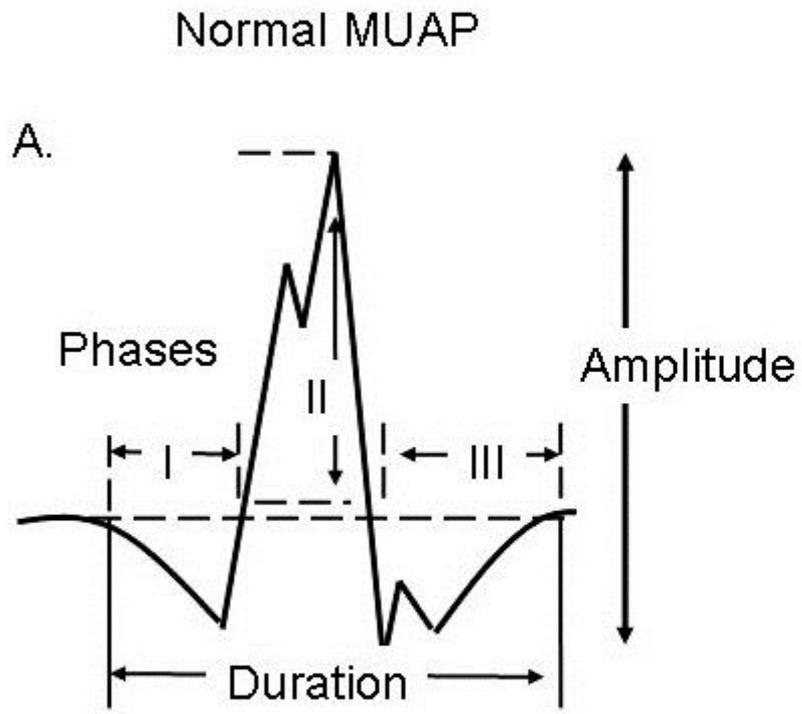


Рисунок 66. Полифазный потенциал двигательной единицы.  
(ЭМГ регистрация концентрическим игольчатым электродом.)

# Neuropathic MUAP



	<b>Амплитуда ПДЕ, мВ</b>	<b>Длительность ПДЕ, мс</b>
Норма	< 2	10
Денервация	10-20	20-30
М		

# Стимуляционная ЭМГ

— регистрация колебаний потенциалов, возникающих в мышце при искусственной стимуляции нерва или органов чувств – изучение параметров возбуждения нерва или мышцы.

## Задачи стимуляционных методов ЭМГ:

1. Исследование прямой возбудимости мышц (электродиагностика).
2. Оценка состояния эфферентного звена (мотонейронов и их аксонов).
3. Анализ состояния чувствительных (афферентных) волокон периферических нервов.
4. Изучение нервно-мышечной передачи

# Раздражение периферического нерва:

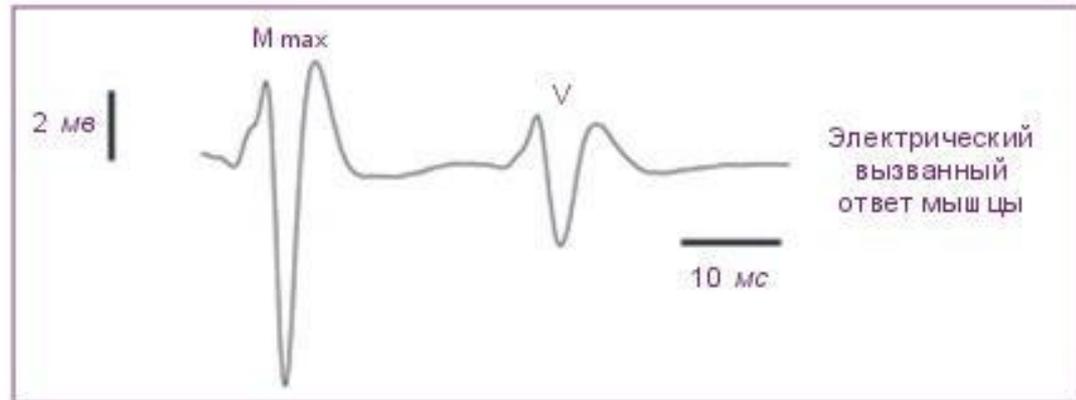
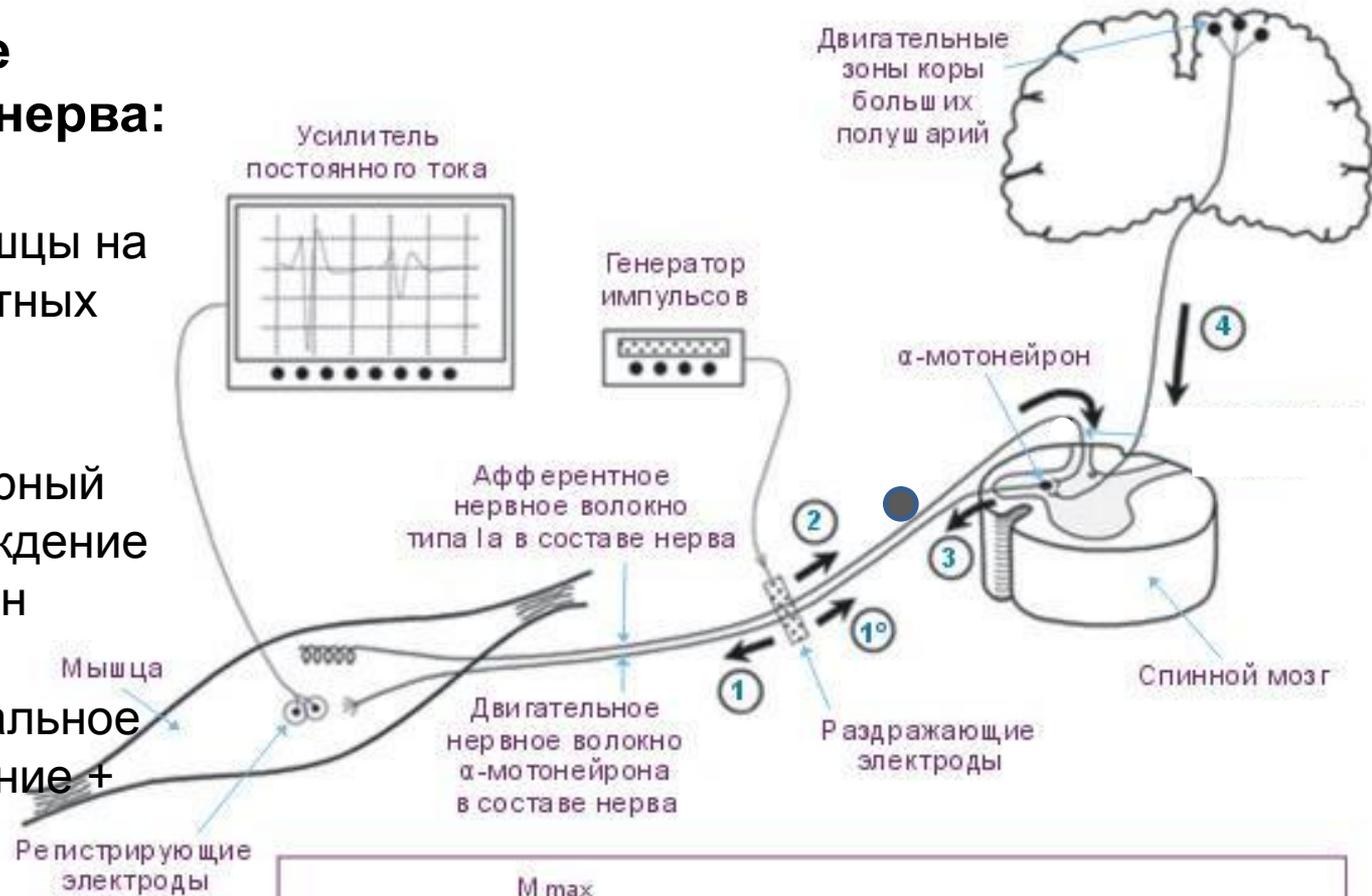
**M-ответ** – ответ мышцы на возбуждение эфферентных волокон мотонейронов

**H-ответ** – рефлекторный ответ мышцы на возбуждение чувствительных волокон

**V-ответ** - максимальное произвольное сокращение + супрамаксимальная стимуляция

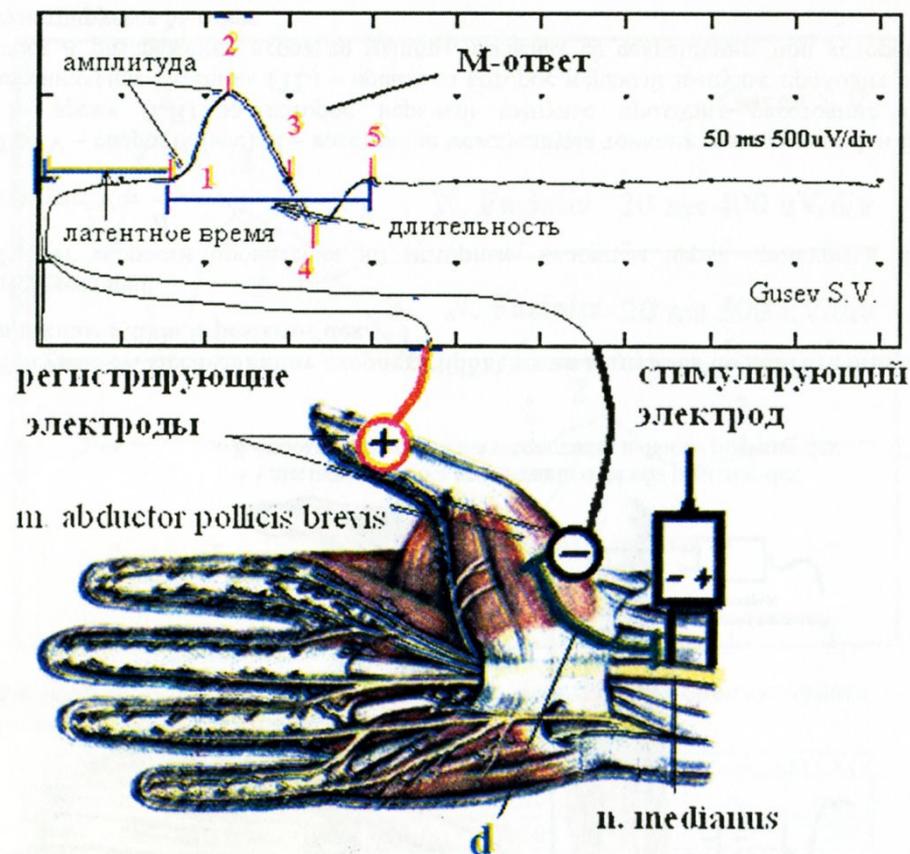
Большая сила раздражения + max произвольное сокращение

- сильный M-ответ
- слабый V-ответ (подавление H и V-ответа антидромным возбуждением)



**М-ответ** – суммарный ПД мышцы в ответ на раздражение иннервирующих ее эфферентных волокон

*(отсутствует при атрофии мышцы, дегенерации, разрыве нерва).*

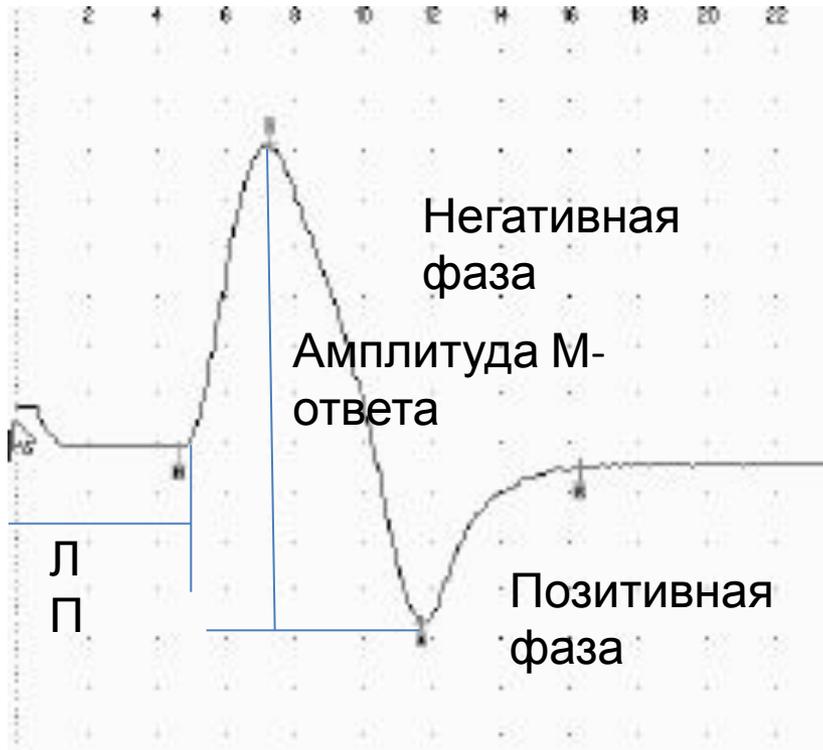


# Показатели М-ответа:

- Пороговая сила раздражения (повышен при аксонопатиях)
- Сила раздражителя, вызывающего максимальный М-ответ;
- Амплитуда М-ответа (снижена при миопатиях, аксонопатиях)

максимальная амплитуда М-ответа

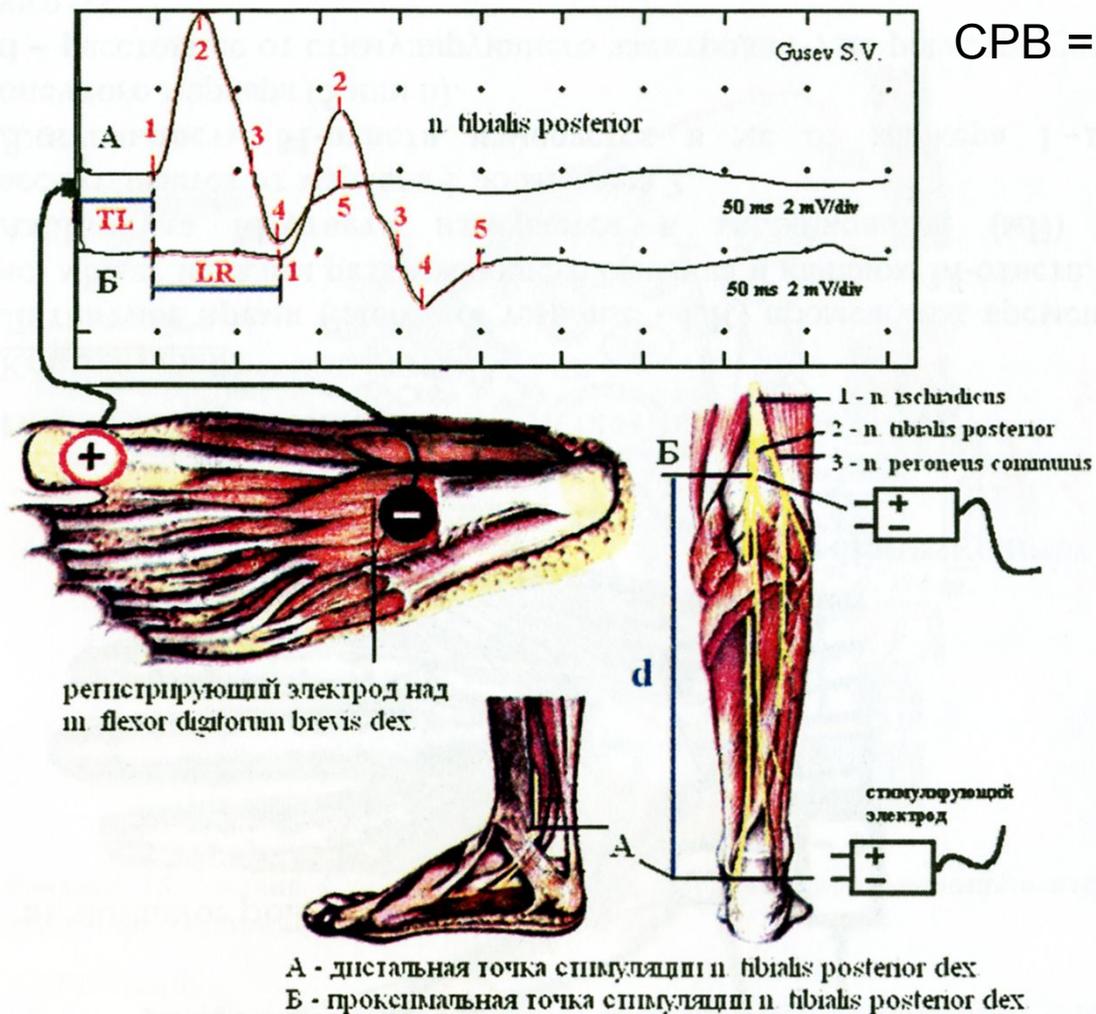
- Число двигательных единиц = (при супрамаксимальной стимуляции)  
минимальная амплитуда М-ответа



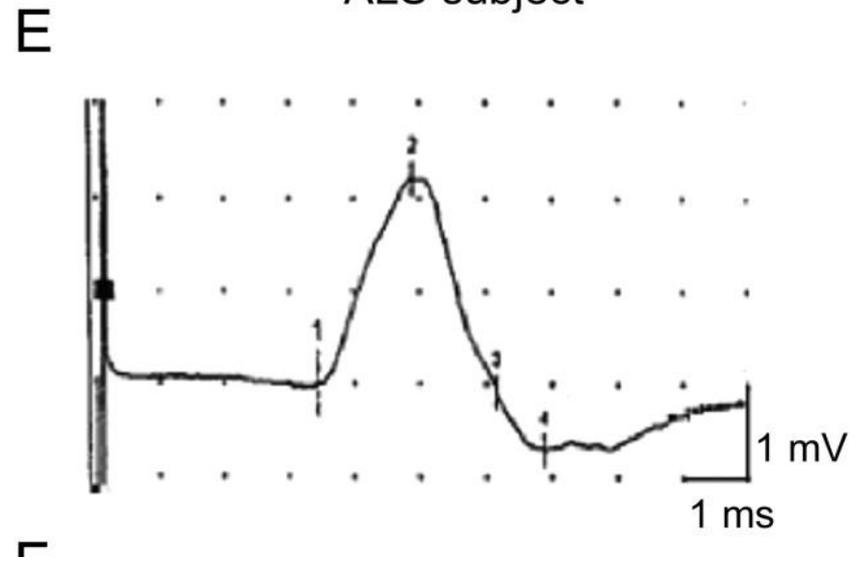
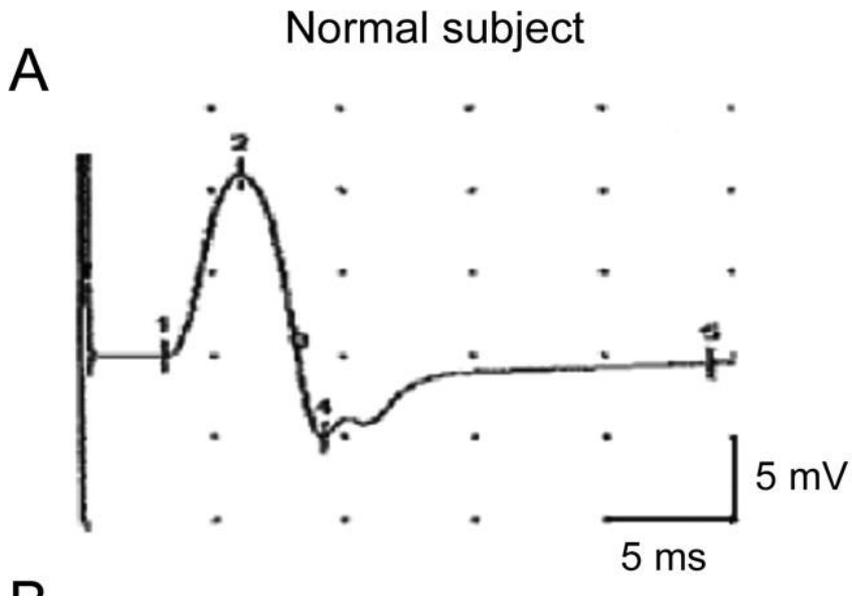
- Форма М-ответа (при полиневрите зубцы, полифазность)
- Латентный период (ЛП) М-ответа

- При последовательной стимуляции в двух точках можно вычислить *скорость распространения возбуждения по двигательным волокнам*:

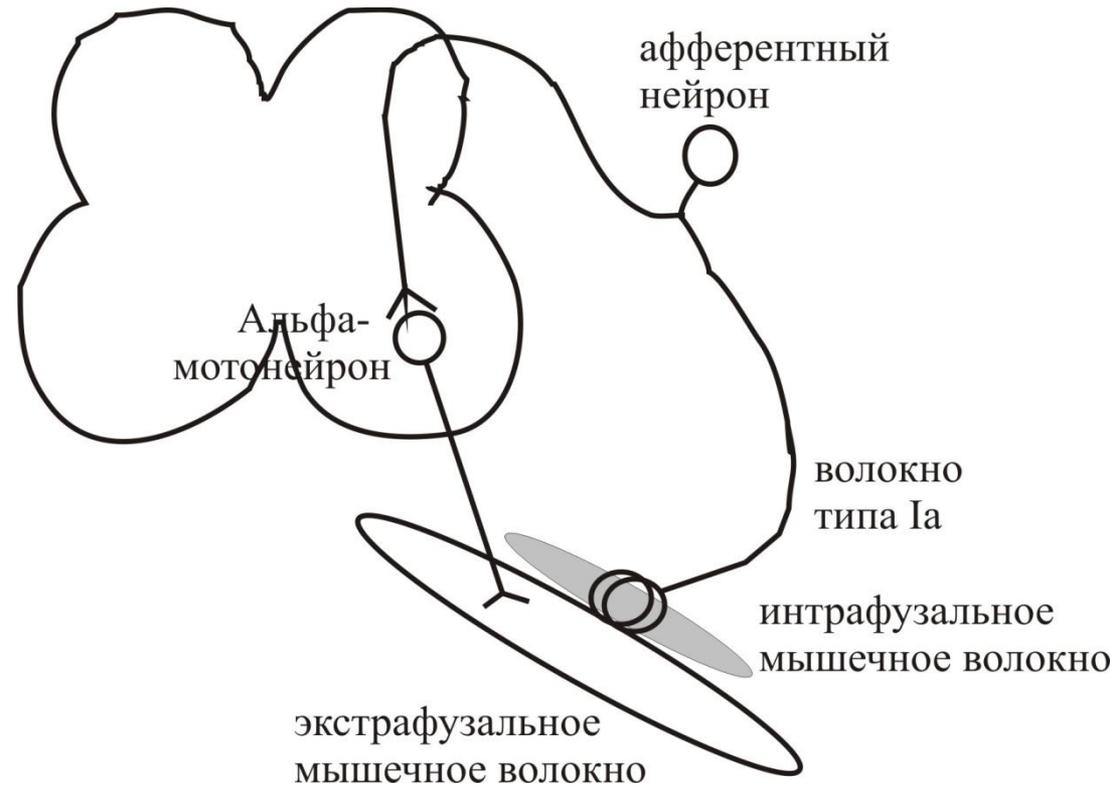
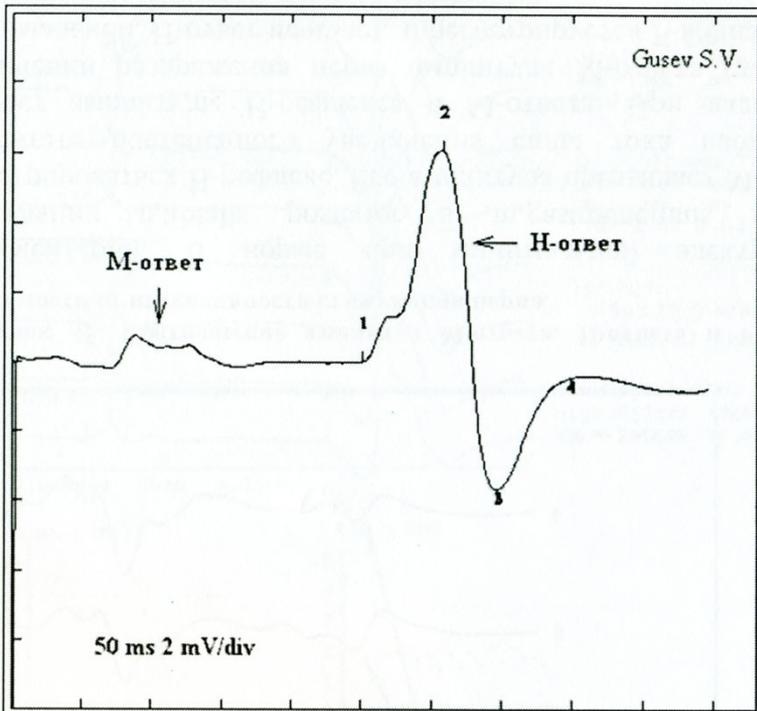
$$CPB = \frac{\text{Расстояние между точками (d)}}{\text{ЛПп} - \text{ЛПд (LR)}}$$



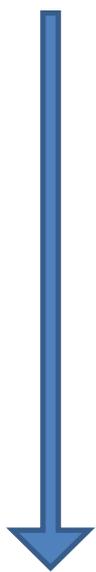
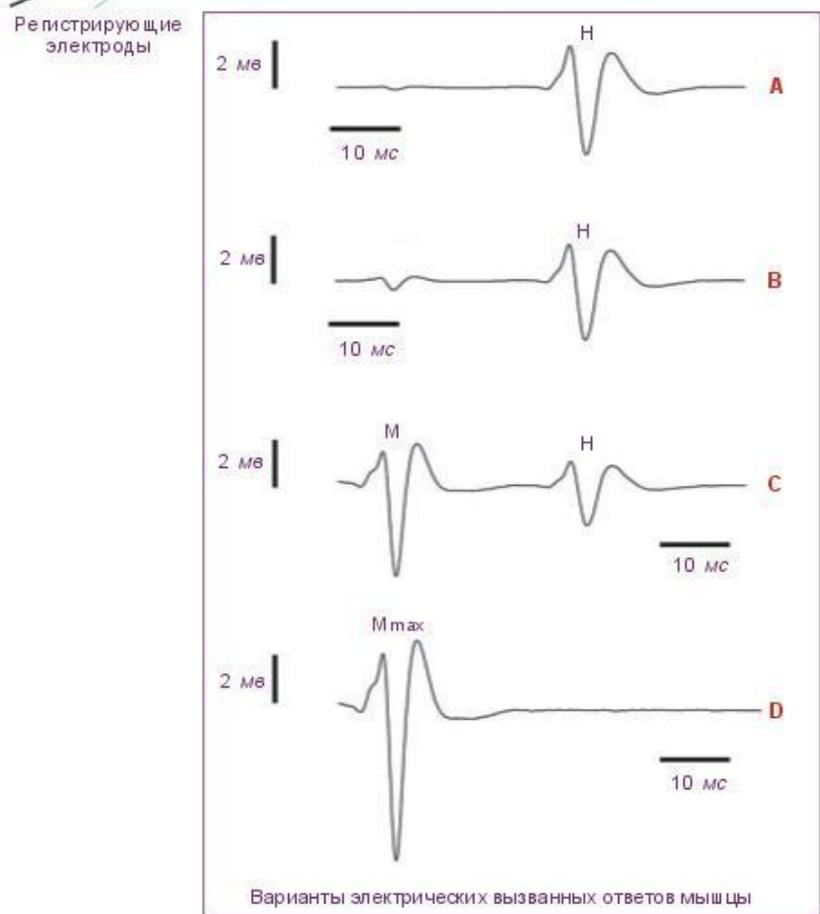
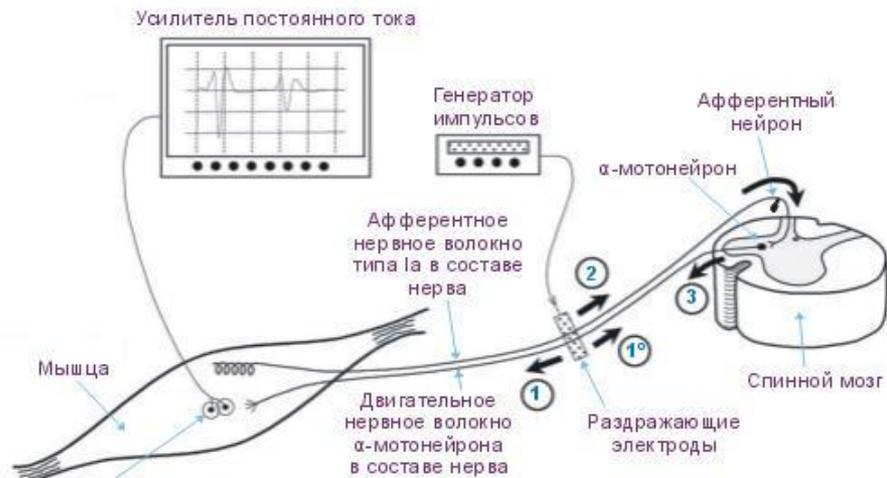
Пациент с боковым  
амиотрофическим  
склерозом (поражение  
двигательных  
нейронов)  
ALS subject



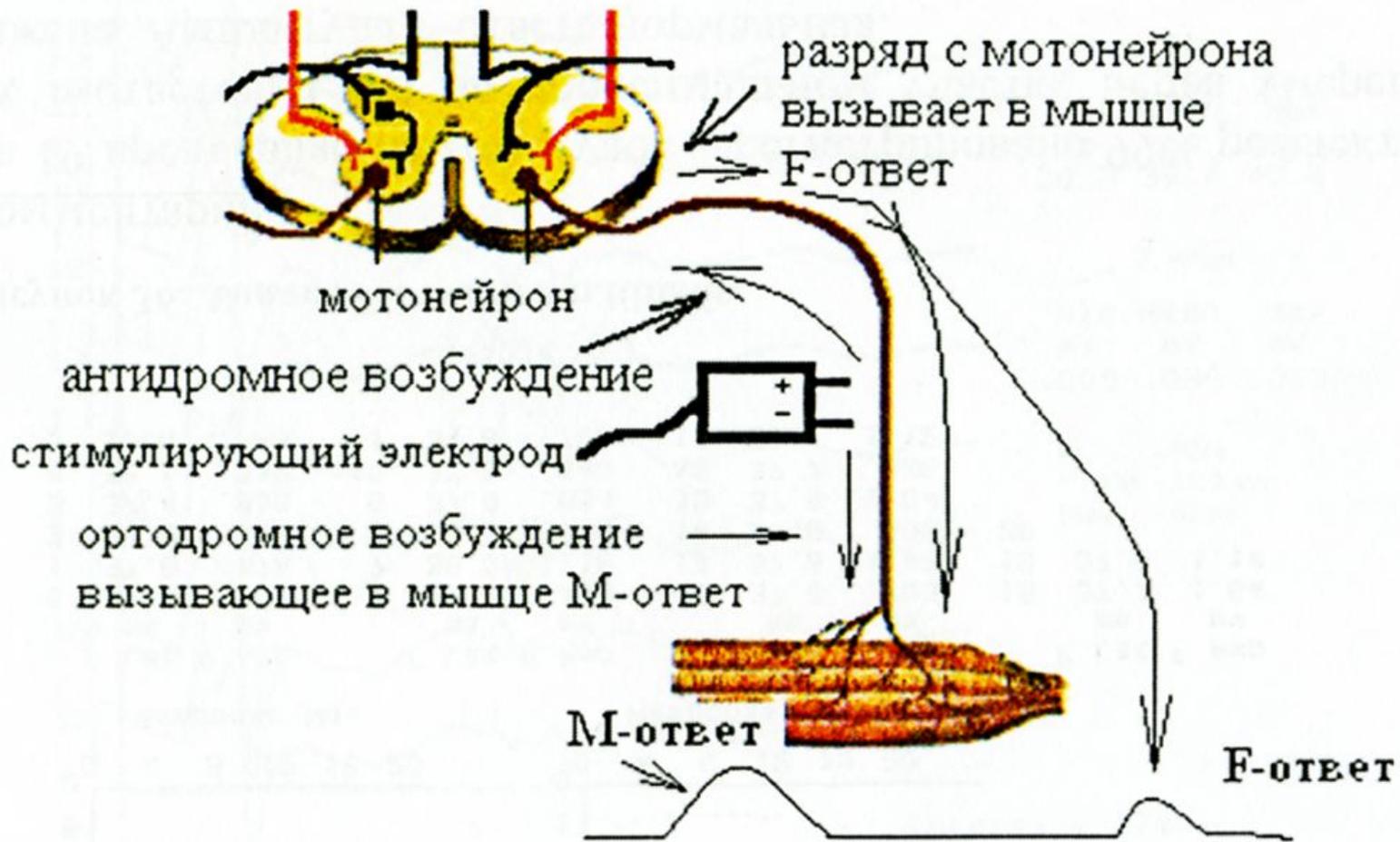
**H-ответ (H-рефлекс)** – рефлекторный ответ мышцы, вызванный раздражением афферентных волокон нерва.



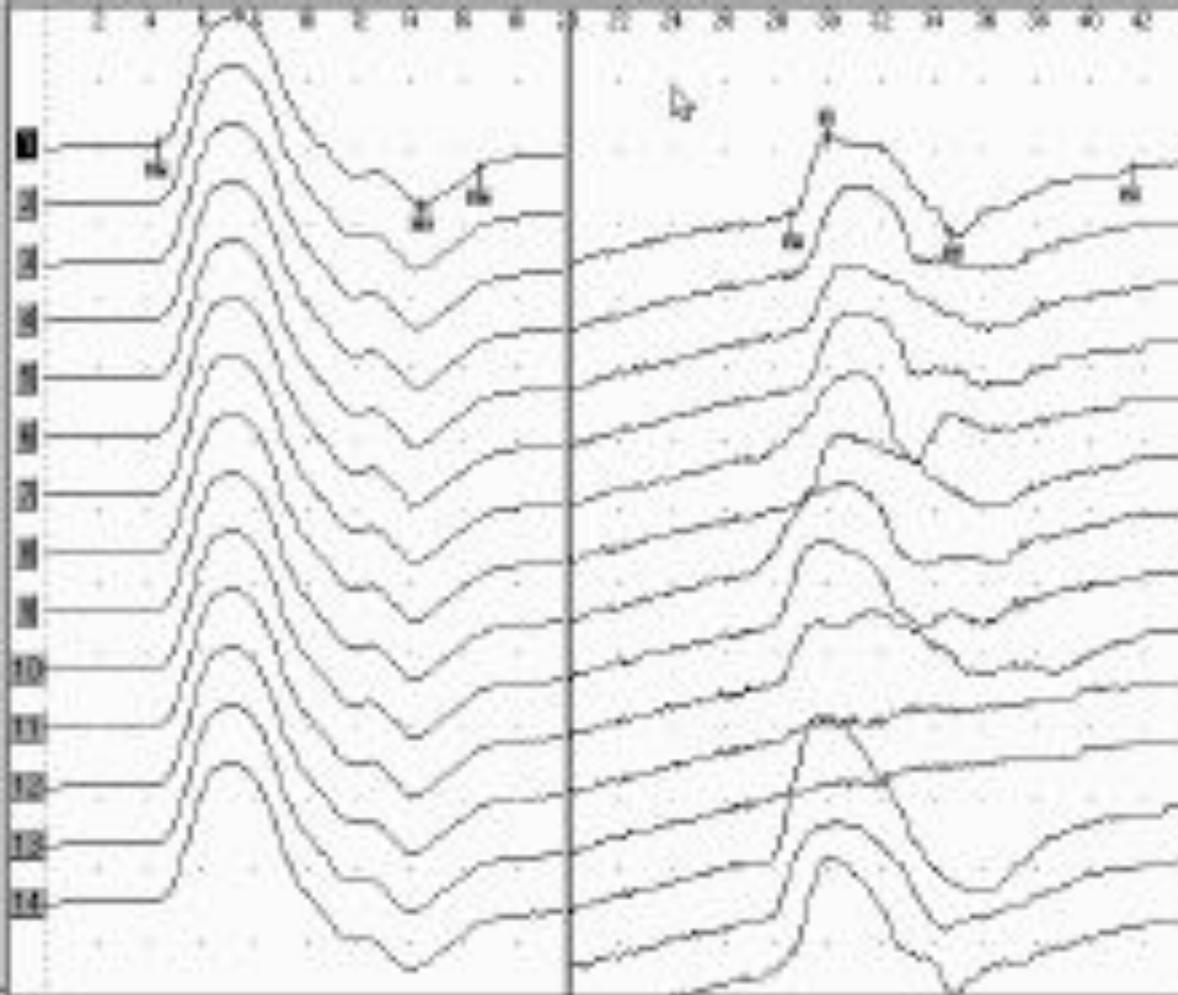
Амплитуда H-ответа (точки 1-2) зависит от числа возбужденных мотонейронов



Увеличение силы тока



**F-ОТВЕТ** (F-волна): антидромное распространение возбуждения по двигательным волокнам к мотонейронам, их разряд и возврат возбуждения к мышце .



**F-ответ:**  
определяют в  
дистальных группах  
мышц (кисти, стопы)  
одновременно с  
максимальным М-  
ответом

**Латентный период** F-волны включает время антидромного распространения импульса по проксимальному участку нерва, задержку на генерацию ПД мотонейрона (около 1 мс) и время ортодромного проведения возбуждения до соответствующей мышцы. Анализируя эти параметры, можно вычислить скорость распространения возбуждения по двигательным волокнам для проксимальных участков нервов, где измерение ее обычным